



<< volver

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR DETECTADA VÍA SATÉLITE Y POR MEDICIONES IN SITU AL NORTE DE CUBA Y NE DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Marzo de 2000

Ms. Sc. Sergio Cerdeira Estrada. Ms. Sc. Nelson Melo Ginzález Departamento de Oceanografía. Instituto de Oceanología. La Habana, Cuba. Dr. Frank E. Muller Karger. Ms. Sc. Roberto Pérez de los Reyes. Departamento de Ciencias Marinas. Universidad del Sur de la Florida (USF).

Se estudia la temperatura superficial del mar al Norte de Cuba y NE de la Península de Yucatán, utilizando métodos de teledetección; para ello se realiza un estudio comparativo entre los resultados obtenidos en el procesamiento de imágenes de satélite y mediante mediciones in situ. Se genera una paleta de colores que amplifica la representación de la variabilidad espacio-temporal de la TSM y se aplica la metodología desarrollada para caracterizar un frente hidrológico al NE de la Península de Yucatán mediante imágenes de satélites.

Introducción

La Teledetección es el grupo de técnicas que permiten la adquisición de distintos tipos de geoinformación, entre ellas, sobre las propiedades físicas de superficies u objetos, a distancia, o sea, sin contacto directo con ellos. Esto se realiza, generalmente, analizando alguna forma de imagen, que es procesada e interpretada para producir datos que pueden tener aplicación en diferentes campos, como pueden ser: agricultura, geología, geografía, oceanografía, vegetación natural, arqueología, planeación, urbanización y otras especialidades. Para ello se requieren sensores aerocósmicos, tecnología para la recepción de los datos captados por los sensores y medios técnicos para el procesamiento de esta información.

La Teledetección constituye una vía de mirar el entorno de un modo diferente al que podemos ver con nuestro sistema visual, es un modo de tener información sobre tendencias de diferentes parámetros y perspectivas temporales sobre grandes áreas a gran escala. Esto nos permite observar cambios en lapsos de tiempos que van desde minutos a décadas. Por otro lado, esta técnica es utilizada no solo para estudiar cambios en la superficie de la tierra y en la atmósfera, sino que es utilizada con efectividad para «mirar a través de las nubes, y las masas de agua.

Para alcanzar el actual desarrollo de la Teledetección se ha requerido de todo un conjunto de investigaciones multidisciplinarias, la mayoría de las cuales esta relacionada con la física, la electrónica y el procesamiento de

- Productos
- Índice de Anunciantes
- Bolsa (valores del GIS)
- Direcciones de Interés
- Cursos
- Eventos
- Redacción
- Suscripciones Impresa
- Meteorología
- Concursos
- Estadísticas
- Publicidad
- Librería
- Búsquedas
- Comité Científico
- Normas para Autores
- Glosario
- :: Inicio ::



REGÍSTRESE

 Anónimo

imágenes, estando bien definido actualmente, que la Teledetección constituye una nueva rama de la física, cuya trascendencia en otras ramas de la ciencia, la técnica y la economía comienza a ser tan relevante como la electrónica, las comunicaciones o la computación. De hecho, estas tres han sido parte fundamental para el desarrollo actual de la Teledetección.

Uno de los sensores que están en funcionamiento actualmente por la National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA) de los E.U.A. es el Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), colocado a bordo de los satélites NOAA-12 y NOAA-14, los cuales proporcionan información de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en modo de alta resolución *High Resolution Picture Transmission (HRPT)*.

Una de las metas de la oceanografía es determinar y entender a escala global y sinóptica los procesos que controlan la variación espacio-temporal de los elementos físicos en el mar. La caracterización de los procesos físicos en el océano es difícil tanto en el espacio como en el tiempo, de aquí la utilidad de los sensores remotos como herramienta que permite hacer estudios regionales dinámicos de estos procesos. El estudio de parámetros y fenómenos oceanográficos asociados a la distribución térmica superficial del océano (corrientes, surgencias, frentes oceánicos, etc.) puede ser llevado a cabo mediante imágenes térmicas captadas por los satélites antes mencionados.

Los buques de investigación han sido utilizados para estos estudios, pero resultan muy lentos cuando se pretende caracterizar la variabilidad térmica en acuatorios extensos. La observación mediante métodos de Teledetección resuelve esta problemática y permite una visión sinóptica y global de los fenómenos.

El estudio del entorno oceánico de Cuba resulta importante para caracterizar a escala regional los procesos que controlan la variación del clima oceánico. Por otro lado, los datos publicados sobre esta región presentan en algunos casos aspectos contradictorios que requieren estudios complementarios, para lo cual la Teledetección constituye una herramienta poderosa.

TEMPERATURA DEL MAR

Existen varios fenómenos marinos que pueden ser detectados por la temperatura del agua. Tal es el caso de las grandes surgencias próximas a las costas, las corrientes marinas, los aportes terrígenos naturales o producto de la actividad humana, etc.

El estudio de las diferencias de temperatura en el medio marino es fundamental para preservar la flora y la fauna, que no pueden vivir a partir de cierta temperatura, ya que en aguas tropicales estos se encuentran cerca del límite superior de tolerancia de este parámetro.

La Temperatura Superficial del Mar (TSM) es uno de los factores más importantes en la predicción mensual o estacional del clima a corto plazo a nivel mundial [Tokioka, T., 1983]. La TSM es muy útil en el estudio del fenómeno «El Niño - Oscilación del Sur» como uno de los eventos principales de variabilidad climática a escala global.

Objetivo

En este artículo se aborda la caracterización e interpretación de la información del entorno marino de Cuba procedente de sensores cósmicos térmicos; se analizan las técnicas y métodos de procesamiento, así como los aspectos básicos del funcionamiento de cada una de las partes inherentes a la técnica de Teledetección y la interacción entre ellas.

Nuestro objetivo es el estudio comparativo de la temperatura superficial del mar vista por satélites y mediante mediciones *in situ* en los polígonos del Norte de Cuba y NE de la Península de Yucatán, para implementar estos métodos en los estudios oceanográficos regionales.

Materiales y Métodos

Usuarios activos en la página:

111

Usuario

Password

[¿Desea registrarse?](#)

[¿Ha perdido su contraseña?](#)

Se procesaron imágenes del sensor cósmico *Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)* que proporciona datos de temperatura superficial del mar. Se analizaron, además, datos in situ de TSM obtenidos mediante equipos oceanográficos.

Sensor Cósmico Térmico AVHRR

Cada satélite de órbita polar NOAA porta un sensor radiómetro avanzado de muy alta resolución *Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)*. Este sensor es utilizado en investigaciones de meteorología, oceanografía, en la determinación de parámetros hidrológicos, y en las mediciones de radianza emitida y reflejada en varias bandas espectrales, midiendo desde la porción visible del espectro a la infrarroja térmica. Este sensor es utilizado fundamentalmente en la determinación de la TSM y para explicar la distribución de otros fenómenos biofísicos oceánicos superficiales asociados a la TSM.

Actualmente se encuentran en operaciones los satélites NOAA 12 y 14. El NOAA-12, activo desde el 14 de mayo de 1991, y el NOAA-14 desde el 30 de diciembre de 1994. Los canales 1 y 2 son utilizados para discernir nubes, fronteras tierra agua, características ópticas de las aguas y el monitoreo del índice de vegetación terrestre; los canales 3, 4 y 5 son utilizados para la medición de la temperatura de las nubes y la superficie del mar y para la caracterización de la cobertura nubosa en la noche (Tabla 1). Los datos HRPT de imágenes de alta resolución (1 x 1 km.) son transmitidos en tiempo real a estaciones terrestres para que sean almacenados y luego procesados en estaciones de trabajo.

Canales	Gama espectral
1	580 a 680 (visible verde)
2	725 a 1100 (infrarrojo cercano)
3	3550 a 3930 (infrarrojo térmico)
4	10300 a 11300 (infrarrojo térmico)
5	11500 a 12500 (infrarrojo térmico)

Tabla 1: Bandas espectrales del sensor AVHRR a bordo de los satélites NOAA 12 y NOAA 14.

Mediciones al Norte de Cuba

Se ejecutó un crucero oceanográfico en la zona oceánica norte de la Isla de Cuba en el Buque de Investigaciones Científicas (B.I.C.) ULISES, del 8 al 18 de febrero de 1997 (con 119 estaciones) (Fig. 1).

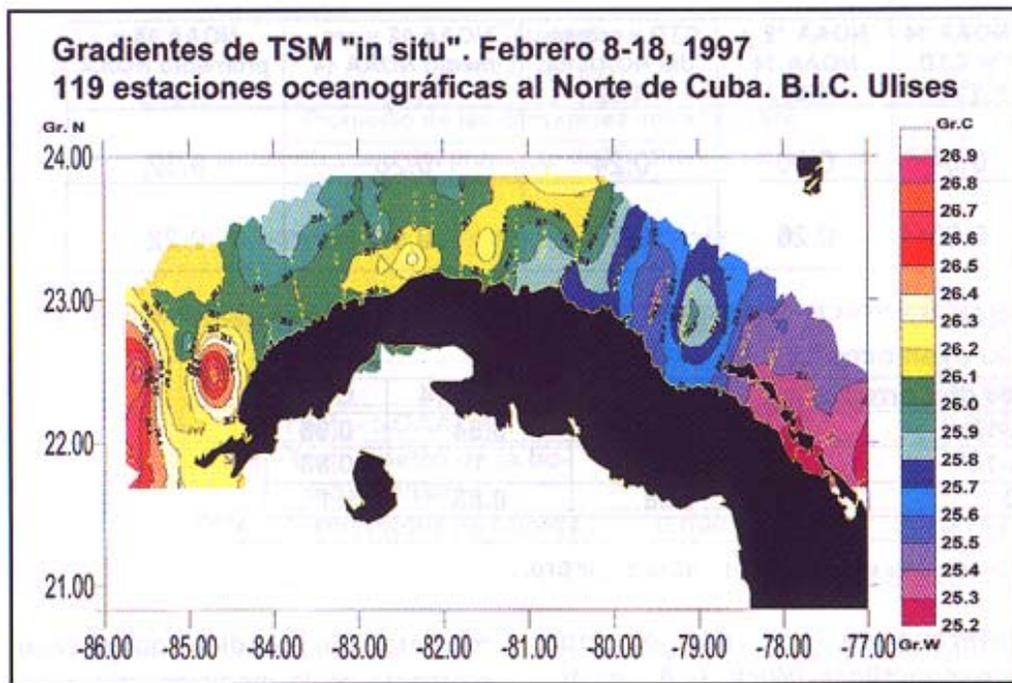


Fig.1 Gradientes de TSM a través de las mediciones in situ del 8 al 18 de febrero de 1997 en las 119 estaciones oceanográficas tomadas desde el B.I.C.

En este crucero se obtuvo la TSM a través de una botella Nansen colocada a menos de 1 m debajo del nivel del mar y se midió, además, con un termómetro de cubeta. El termómetro del batómetro tiene una precisión de $\pm 0.02^{\circ}\text{C}$. Con el termómetro de cubeta se obtiene una muestra de los primeros 10 cm de la superficie marina con una precisión de $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$.

Mediciones al NE de la Península de Yucatán

Se efectuó un crucero oceanográfico (Ergoclina II) a bordo del BIC mexicano "Justo Sierra", lográndose obtener mediciones *in situ* de TSM al NE de la Península de Yucatán del 20 al 25 de marzo de 1995. La red de estaciones cumplimentada se muestra en la Fig. 2.



Fig. 2 Estaciones muestreadas al NE de la Península de Yucatan en el crucero ERGOCLINA-II

En cada estación se realizó la medición de la TSM con el equipo de sondeo hidrológico **CTD**, por sus siglas en inglés *Conductivity Temperature Depth*, con un error en la medición de temperatura de 0.01 °C.

TRATAMIENTO DE LAS IMAGENES DE TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

Simultaneo a la ejecución de las mediciones *in situ* con los Buques de Investigaciones Científicas (B.I.C.) «Ulises» (de Cuba) y «Justo Sierra» (de México), fue recibida diariamente las imágenes del sensor AVHRR en modo alta resolución HRPT de los satélites NOAA 12 y 14, del Golfo de México, el Mar Caribe occidental y de todo el territorio de Cuba. Para ello se utilizo la estación receptora de imágenes SeaSpace de TERASCAN, ubicada en el Departamento de Ciencias Marinas de la Universidad del Sur de la Florida (USF), en St. Petersburg, Florida, EUA.

Las mediciones satelitárias de TSM están basadas en la observación de la radiación emitida por la superficie del océano, en elementos de imagen de 1 x 1 km., usando el radiómetro AVHRR en diferentes bandas infrarrojas.

Los datos HRPT llevan consigo información de la posición de cada uno de los datos. Sin embargo, a menudo, esta no es exacta por las im-precisiones originadas en las inexactitudes del reloj del satélite y del seguimiento del horizonte. La navegación de la imagen corrige estos errores ajustando los parámetros de tiempo, haciendo que cada píxel tenga la latitud y la longitud correcta. El proceso puede realizarse de manera semiautomática correlacionando los datos de la línea de costa provenientes de una base de datos con la imagen o bien de manera manual ajustando por un operador los parámetros anteriormente mencionados. Todas las imágenes analizadas se navegaron manualmente para posicionar correctamente cada píxel en las imágenes sucesivas.

La calibración consto de dos pasos. El primero hace una transformación de voltaje (*sensor counts*) a radiancia (siguiendo una ecuación: $L = a + b \cdot V$). En el segundo, la radiancia es convertida a temperatura radiactiva (invirtiendo la ecuación de Planck) en el caso de los canales 3, 4 y 5 (térmicos), o a albedo en el caso de los canales 1 y 2 (visible). En el caso de los canales 1 y 2, los parámetros de calibración se fijan

antes del lanzamiento del sensor y ya no se vuelven a calibrar. En el caso de los canales infrarrojos 3, 4 y 5, se calibran en tiempo real simultáneamente a la adquisición de la radianza superficial usando la temperatura de dos cuerpos negros (espacio ~3K, objeto a bordo ~300K).

La detección y eliminación de píxeles contaminados con nubes se realizó dependiendo de si se trabajaba con imágenes diurnas (en las que se puede utilizar el canal 2) o nocturnas. El algoritmo utiliza una serie de criterios (con un umbral) para evaluar si cada píxel está o no «contaminado,» por nubes. La física en la que se basan los criterios es: la radiancia observada en el mar es más uniforme que en zona de nubes; la temperatura de brillo en los canales térmicos 3, 4 y 5 ha de estar correlacionada y ha de seguir la fórmula de Planck; y la diferencia entre las temperaturas de brillo de los canales 3 y 4 ha de ser menor que 0.7 K (permite eliminar estratos).

Las imágenes de radianza infrarroja de los pases orbitales sobre la zona de los satélites NOAA 12 y 14 fueron transformadas en imágenes de temperatura superficial y remapeadas a la proyección cónica conforme de Lambert con red de coordenadas cada 1 grado. La TSM fue calculada a partir del método de procesamiento simultáneo de imágenes térmicas en dos bandas espectrales, MultiChannel Sea Surface Temperature (MCSST) [McClain, 1985].

Se le hizo un mejoramiento al histograma de cada cuadro para lograr enfatizar y visualizar mejor los rangos de temperatura presente y los fenómenos superficiales con gradientes de temperatura mayor de 0.2°C.

MODIFICACIONES A LA PALETA DE COLORES EN LAS IMÁGENES TÉRMICAS

Una selección adecuada de la paleta de colores permite distinguir fenómenos oceanográficos superficiales y delimitar cuantitativamente con mayor precisión los gradientes de temperatura superficial. Para optimizar anteriores diseños de esta paleta de colores y adaptarla a nuestra región geográfica (entorno oceánico de Cuba), en este trabajo se diseñó una paleta con 256 colores para imágenes de TSM que garantizara un máximo contraste en los valores de temperatura en el rango 20.3°C hasta los 32.5°C, que representa el intervalo de temperatura más importante a analizar en esta región oceánica.

Resultados

PROCESAMIENTO DE DATOS IN SITU Y DEL SENSOR TÉRMICO CÓSMICO AVHRR EN ZONAS OCEANICAS AL NORTE DE CUBA

Se expone el resultado obtenido al comparar las mediciones obtenidas de TSM por sensores cósmicos e *in situ* en cruceros oceanográficos al Norte de Cuba y NE de la Península de Yucatán.

Se trazó sobre un mapa la distribución superficial de TSM, a partir del conocimiento de datos obtenidos *in situ* en 119 estaciones oceanográficas al Norte de Cuba, llevadas a cabo a través del crucero oceanográfico a bordo del BIC «ULISES», del 8 al 18 de febrero de 1997 (Proyecto Ulises-2) (Fig. 1). La TSM *in situ* observada al Norte de Cuba muestra algunas anomalías de aguas cálidas al Norte de Pinar del Río (Cuba) y un incremento en la TSM de Este a Oeste en la costa Norte de Cuba.

Se procesaron las imágenes diarias de TSM del sensor AVHRR NOAA14 para el periodo del crucero «Ulises 2» obteniéndose una imagen promedio de TSM de las mediciones *in situ*.

Correlación entre datos de TSM in situ al Norte de Cuba y los datos del sensor térmico AVHRR del NOAA 14

Con el fin de estimar la diferencia que existe entre el valor de TSM que proporciona el satélite con relación a los obtenidos *in situ* mediante cruceros oceanográficos simultáneos, se realizó el estudio comparativo de los datos extraídos de las imágenes promedios diarios (día y noche) de la "ventana" de Cuba, del sensor AVHRR - HRPT del NOAA 14, entre el 8 y el 18 de febrero de 1997 (crucero "Ulises 2"). A partir de los pases diarios sobre la zona de interés del satélite NOAA 14 y mediante un programa escrito sobre el lenguaje de

programación "IDL", se calcularon y generaron los valores de TSM correspondientes a las estaciones muestreadas por el B.I.C. Ulises.

Del análisis de estos datos se calcularon los promedios de las diferencias entre las TSM obtenidos por el sensor AVHRR del NOAA-14 y entre los termómetros de cubeta y del batómetro (Tabla 2); y los coeficientes de correlación entre la TSM del sensor AVHRR del NOAA-14, del termómetro de cubeta y del termómetro de la botella Nansen (Tabla 3). Esto permitió corroborar la buena correlación (entre 0.60 y 0.76) que existe entre los datos *in situ* y satelitarios. Permitted, además, conocer el orden del promedio de las diferencias entre los datos obtenidos en cruceros oceanográficos y por satélites en la región (entre 0.2 y 0.3°C).

Crucero ULISES	NOAA 14 y Termómetro de cubeta (°C)	NOAA 14 y Termómetro de la botella Nansen (°C)
Promedio de las diferencias entre las TSM	0.32	0.23
Desviación Standard del promedio de las diferencias entre las TSM	0.26	0.18

Tabla 2. Promedio de las diferencias entre la TSM obtenidos por el sensor AVHRR del NOAA-14 e *in situ* entre los termómetros de cubeta y de la botella de Nansen.

Coefficientes de Correlación	TSM NOAA-14	TSM Termómetro de la botella Nansen	TSM Termómetro de cubeta
TSM - NOAA-14	1	0.694	0.600
TSM - Termómetro de la bo- tella Nansen	0.694	1	0.762
TSM - Termómetro de cubeta	0.600	0.762	1

Tabla 3. Correlaciones entre la TSM del AVHRR -NOAA-14 , el termómetro de cubeta y de la botella de Nansen.

En otras publicaciones y comunicaciones personales han sido reportadas las diferencias entre los valores de TSM para los satélites NOAA 12 y NOAA 14 con relación a las mediciones *in situ*. El error detectado en este estudio al Norte de Cuba, es cercano al reportado a nivel global (0.3°C). Las diferencias entre la TSM medida por el satélite e *in situ* tiene varios factores influyentes: influencia de la atmósfera; diferencias en el momento de la medición (día o noche); diferencia entre las TSM medidas en el nivel superficial y subsuperficial observado por los termómetros; diferencias de la calibración entre los sensores AVHRR de la serie NOAA. Estos resultados indican la necesidad de continuar el estudio con otras bases de datos para conocer a fondo sobre estas diferencias.

FRENTE HIDROLÓGICO AL NE DE YUCATÁN. PROCESAMIENTO DE IMAGENES SATELITARIAS TERMICAS.

[Pérez R. et al., 1996] reportaron la existencia de una zona frontal, al parecer de carácter permanente, al NE de Cabo Catoche, paralela al talud oriental de la plataforma de Yucatán.

A partir de las investigaciones oceanográficas a bordo del buque oceanográfico mexicano Justo Sierra, pudo apreciarse que tanto en julio de 1994 como en marzo de 1995, fue detectada visualmente en superficie una franja de coloración oscura, de no mas de 20 metros de ancho, con abundante espuma y material detrítico en superficie, que tenia todas las evidencias de ser una zona de convergencia o zona frontal; esto luego fue confirmado mediante mediciones hidrográficas e hidrobiológicas realizadas *in situ* y mediante imágenes de satélite.

Simultaneo a la ejecución de las mediciones *in situ* del crucero Ergoclina II (20 al 25 de marzo de 1995) fueron recibidos y procesados los pases diarios de las imágenes del sensor AVHRR en los satélites NOAA 12 y 14 del Golfo de México y el Mar Caribe noroccidental. En este periodo en la región prevaleció el cielo despejado con nubes aisladas. Durante los meses invernales en el Golfo de México son intensos los

gradientes horizontales de temperatura, lo que facilita la detección en las imágenes térmicas satelitarias de fenómenos superficiales tales como corrientes, giros, surgencias, frentes y otros.

En el Banco de Campeche, al Norte de la Península de Yucatán, puede apreciarse una masa de agua notablemente mas fría con temperaturas por debajo de los 24°C asociada a la surgencia reportada en este lugar [Merino, M., 1992] y a la disminución estacional de la temperatura en el Golfo de México en los meses invernales. Estas aguas más frías se encuentran con las aguas de la corriente cálida de Yucatán (temperatura superior a los 27°C) al este de Cabo Catoche para formar una zona frontal bien definida en la imagen AVHRR, con pequeños penachos y filamentos de giro ciclónico asociados a desprendimientos del flujo principal. Esta zona frontal se extiende por el Golfo de México, en dirección norte-noroeste, bordeando la isobata de 200 m, en el límite de la plataforma de Yucatán.

En las imágenes analizadas se observa que la temperatura superficial del agua predominante en el Caribe occidental oscila entre los 27 y 28°C. Puede apreciarse una masa de agua con temperaturas ligeramente más altas, cerca de las costas de la Península de Yucatán que ascienden en latitud entre éstas y la isobata de 1000m. Este flujo es, presumiblemente, el eje del máximo de la Corriente de Yucatán. En el Golfo de México puede apreciarse durante este periodo un fuerte gradiente térmico horizontal entre su límite norte y sur, con temperatura superficial en el rango de 18 a 29 °C.

La distribución de temperatura superficial de la zona marina, obtenida a partir de imágenes del sensor AVHRR - HRPT de los satélites de la serie NOAA durante el verano (julio de 1994), muestra con claridad el afloramiento en su época de mayor intensidad como una franja de baja temperatura (menor que 27°C) a lo largo de la costa Norte de Yucatán. Se aprecia, además, una zona frontal que se extiende por el Golfo de México bordeando el límite de la plataforma de Yucatán cerca de la isobata de 1000 m hasta los 25° N.

Debe notarse que durante el verano, la fuerte insolación diurna y los débiles vientos predominantes producen en esta zona un calentamiento intenso de la capa mas superficial del mar que en ocasiones produce diferencias notables entre la temperatura superficial observada desde el satélite y la temperatura subsuperficial determinada por los equipos oceanográficos [Wick, G.A., et al., 1992]. Además, en esta época los gradientes horizontales de temperatura no son intensos, lo que dificulta la detección en las imágenes térmicas satelitarias de fenómenos superficiales tales como corrientes, giros y otros muy visibles durante la época invernal.

Correlación entre la TSM obtenida in situ y la del sensor AVHRR en la zona del frente al NE de Yucatán

Con el fin de conocer la diferencia que existe entre el valor de TSM que proporciona los satélites de la serie NOAA 12 y 14 con los obtenidos in situ mediante el CTD en las 22 estaciones correspondientes al crucero oceanográfico "ERGOCLINA-2", se realizo una comparación estadística de los valores de TSM extraídos de las imágenes del sensor AVHRR modo HRPT de los satélites NOAA 12 y 14, respectivamente, que coinciden en coordenada, fecha y hora con el momento de la medición *in situ*. De igual forma se analizo una comparación entre la TSM medida in situ y la imagen promedio de TSM entre el 20 y el 25 de marzo de 1995 de la "ventana" de Cuba del satélite NOAA 14 para los días y las noches de la etapa del crucero.

Como se muestra en la Tabla 4, el promedio de las diferencias entre las TSM muestra que el NOAA 14 difiere en 0.5°C con el NOAA 12 y esto puede estar dado por la presencia de nubosidad; por la influencia de la atmósfera; por las diferencias en el momento de la medición (día o noche); por las diferencias de la calibración entre los sensores AVHRR de la serie NOAA; entre otras causas.

Crucero ECOFRONT-2	NOAA 12 y CTD (°C)	NOAA 14 y CTD (°C)	NOAA 12 y NOAA 14 (°C)	CTD y promedio NOAA 14 (°C)	NOAA 12 y promedio NOAA 14 (°C)	NOAA 14 y promedio NOAA 14 (°C)
Promedio de las diferencias entre las TSM	0.24	0.34	0.50	0.24	0.28	0.32
Desviación Standard del promedio de las diferencias entre las TSM	0.14	0.25	0.26	0.17	0.14	0.22

Tabla 4. Promedio de las diferencias entre las TSM obtenidos por los sensores AVHRR del NOAA-12 y NOAA-14 in situ por el CTD, junto con su desviación standard

Según el estudio realizado, el NOAA 12 presenta menos diferencias con relación al valor de TSM *in situ* que el obtenido por el NOAA 14. La diferencia entre los promedios de TSM por satélite e in situ sugiere utilizar imágenes que coincidan en fecha y hora aproximada a la medición in situ. De esta forma se cometen menos errores que al analizar una imagen promedio del periodo del crucero.

Al calcular el coeficiente de correlación entre la información del satélite y la obtenida *in situ* por el CTD, obtenemos que el NOAA-12 correlaciona mejor que el NOAA-14. Esto es dado porque en algunos países de la zona de interés, la cobertura de nubes imposibilita contar con el valor de TSM en esa coordenada. Por otro lado, independientemente de la inercia térmica en el mar, se debe tener en cuenta que un píxel de imagen corresponde a un área de 1 km. x 1 km. de resolución en el mar (Tabla 5). Los resultados muestran que en general es posible asumir como válidos los valores de TSM que brindan los satélites de la serie NOAA para estudios oceanográficos.

Matriz de Coeficientes de Correlación	NOAA-12	NOAA-14	CTD
NOAA-12	1	0.84	0.98
NOAA-14	0.84	1	0.83
CTD	0.98	0.83	1

Tabla 5. Correlaciones entre los NOAA-12, NOAA-14 y el CTD

La Fig. 10 muestra una gráfica que compara los datos de la TSM obtenidos *in situ* en el crucero <<Ergoclina2>>, con los del sensor AVHRR de los satélites NOAA-12 y NOAA-14 y el promedio del 20 al 25 de marzo de 1995 del NOAA-14. Es apreciable la similitud y correlación de los datos in situ con los obtenidos por sensores remotos.

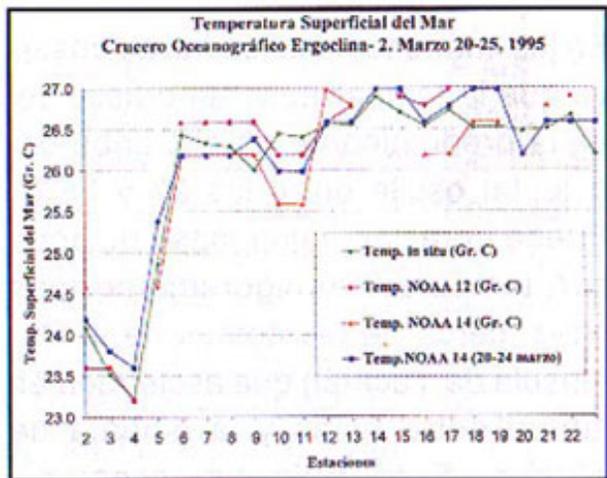


Fig. 10 TSM obtenidos *in situ* mediante el crucero Ergoclina-2 y el sensor AVHRR de los satélites NOAA-12 y NOAA-14

Conclusiones

Fue posible asimilar y ajustar a las condiciones regionales una técnica de procesamiento de imágenes utilizando el sensor AVHRR que permitió determinar el comportamiento de la temperatura superficial del mar en el entorno marino de Cuba.

La paleta de 256 colores implementada en imágenes térmicas, permitió obtener mejor precisión visual de los fenómenos oceanográficos superficiales.

El promedio de la diferencia entre los valores de TSM obtenidos en cruceros y por satélites oscilan entre 0.2 y 0.3°C. Según el estudio realizado, el NOAA 12 presenta menos diferencias con relación al valor de TSM *in situ* que el obtenido por el NOAA 14.

La diferencia entre los promedios de TSM por satélite e *in situ* sugiere utilizar imágenes que coincidan en fecha y hora aproximada a la medición *in situ*. De esta forma se comenten menos errores en la estimación de la TSM que si analizáramos una imagen promedio del crucero.

Existe buena correlación entre la información de la TSM obtenida por satélite y la obtenida *in situ* por el CTD y termómetros. El NOAA-12 correlaciona mejor que el NOAA-14. Esto es dado por la presencia de nubosidad; por la influencia de la atmósfera; por las diferencias en el momento de la medición (día o noche); por las diferencias de la calibración entre los sensores AVHRR de la serie NOAA.

La distribución de TSM *in situ* al Norte de Cuba muestra anomalías de aguas cálidas al Norte de Pinar del Río (en Cuba) y un incremento de la TSM del Este al Oeste. Este fenómeno se aprecia mejor en las imágenes de satélite.

Las imágenes espaciales térmicas confirman la presencia de una zona de surgencia de aguas más frías y ricas en nutrientes al norte de la Península de Yucatán que junto a la corriente cálida y oligotrófica de Yucatán generan una zona frontal desde el límite de la plataforma al este de Cabo Catoche y bordeando el talud continental hasta aproximadamente los 25 grados de latitud Norte. Las imágenes de temperatura sugieren que esta surgencia y frente tienen un comportamiento cuasipermanente en esta región.

Bibliografía

McClain, Pichel & Walton (1985). Comparative Performance of AVHRR-Based Multichannel Sea Surface Temperature. *J. Geophys. Res.*, 90, 11587-601.

Merino, M. (1992). Afloramiento en la plataforma de Yucatán. Estructura y fertilización. Tesis doctoral, UNAM, ICMYL, México, D.F., 255 pp.

Pérez R., I. Victoria, M. Signoret, A. Gallegos, I. Penié, C. Gil, C. Bulit, N. Melo, F. E. Moller-Karger, S. Cerdeira, M. Merino (1996). Reporte de un Frente Hidrológico al NE de la Península de Yucatán. Manifestaciones Físicas, Químicas e Hidrobiológicas. *Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba*. Vol. 2, No. 1, Julio. Publicación electrónica ISSN NQ 1025-921X.

Tokioka, T. (1983). Influence of the ocean on the atmospheric global circulations and short-range climatic fluctuations. In: G.D. Sharp and J. Csirke (Eds). *Proceeding of the Expert Consultation to examine change in abundance and species of neritic fish resources*. S. José de Costa Rica. FAO Fish Rep. (291) Vol.3: 557-585. pp..

Wick, G.A., W.J. Emery, P. Schluessel. (1992). A comprehensive comparison between satellite-measured skin and multichannel sea surface temperature, *J. Geophys. Res.*, 97, 5569-5595.

<< volver

subir ^^

[:: Artículos](#) [:: Noticias](#) [:: Artículo Iberoamérica](#) [:: Números Anteriores](#)
[:: Productos](#) [:: Índice de Anunciantes](#) [:: Bolsa \(valores del GIS\)](#) [:: Direcciones de Interés](#) [:: Cursos](#) [:: Eventos](#) [:: Redacción](#)
[:: Suscripciones Impresa](#) [:: Meteorología](#) [:: Concursos](#) [:: Estadísticas](#) [:: Publicidad](#) [:: Ayudas y Subvenciones](#) [:: Librería](#)
[:: Comité Científico](#) [:: Búsquedas](#)